

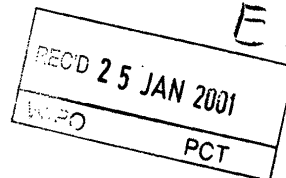
BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

FOU/DE 00 / 000071

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



DE 00135473
EJU



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 199 48 813.4
Anmeldetag: 09. Oktober 1999
Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH,
Stuttgart/DE
Bezeichnung: Interferometrische Messvorrichtung zur
Formvermessung
IPC: G 01 B 9/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 11. Januar 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Junk

05.10.99 fle/poh

Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

Interferometrische Messvorrichtung zur Formvermessung

Stand der Technik

Die Erfindung bezieht sich auf eine interferometrische Messvorrichtung zur Formvermessung insbesondere rauher Oberflächen eines Messobjekts mit einer
5 eine kurzkohärente Strahlung abgebenden Strahlungserzeugungseinheit, einem Strahlteiler zum Bilden eines ersten und eines zweiten Teilstrahls, von denen der erste über einen Objektlichtweg zu dem Messobjekt und der zweite über einen Referenzlichtweg auf eine Vorrichtung mit einem reflektierenden Element zum Ändern des Lichtwegs gerichtet ist, mit einem Überlagerungselement, an dem
10 die von dem Messobjekt und der Vorrichtung kommende Strahlung zur Interferenz gebracht werden, und einer Photodetektoreinrichtung, die die interferierte Strahlung aufnimmt und entsprechende Signale einer Einrichtung zur Auswertung zuführt.

Eine derartige inferferometrische Messvorrichtung ist in der DE 197 21 842 C2
15 angegeben. Bei dieser bekannten Messvorrichtung gibt eine Strahlungserzeu-

5 gungseinheit, beispielsweise eine Leuchtdiode oder Superlumineszenzdiode, eine
kurzkohärente Strahlung ab, die über einen Strahlteiler in einen ersten, über
einen Objektlichtweg geführten Teilstrahl und einen zweiten, über einen Referenzlichtweg
10 geführten Teilstrahl aufgeteilt wird. Der Referenzlichtweg wird
mittels zweier Deflektorelemente und eines dahinter angeordneten, feststehen-
den Beugungsgitters durch Ansteuern der Deflektorelemente periodisch geän-
dert, um die Objektoberfläche in Tiefenrichtung abzutasten. Wenn der Objekt-
lichtweg und der Referenzlichtweg übereinstimmen, ergibt sich ein Maximum
des Interferenzkontrasts, der mittels einer der Photodetektoreinrichtung nach-
geschalteten Auswerteeinrichtung erkannt wird.

15 Eine vom Messprinzip (Weisslichtinterferometrie oder Kurzkohärenzinterfero-
metrie) her entsprechende interferometrische Messvorrichtung ist auch in der DE
41 08 944 A1 angegeben. Hierbei wird zur Änderung des Lichtwegs in dem Re-
ferenzstrahlengang jedoch ein bewegter Spiegel verwendet. Bei diesem Verfah-
20 ren wird die Oberfläche des Objektes auf die Fotodetektoreinrichtung mittels
eines optischen Systems abgebildet, wobei es jedoch schwierig ist, in Hohlräu-
men Messungen vorzunehmen.

25 Zu weiteren derartigen interferometrischen Messvorrichtungen bzw. interfero-
metrischen Messverfahren auf der Basis der Weisslichtinterferometrie wird auf
P. de Groot, L. Deck, "Surface profiling by analysis of white-light interferograms
in the spatial frequency domain" J. Mod. Opt., Vol. 42, No. 2, 389-401, 1995
und T. Maack, G. Notni, W. Schreiber, W.-D. Prenzels, "Endoskopisches 3-D-
Formmesssystem", in Jahrbuch für Optik und Feinmechanik, Ed. W.-D. Prenzels,
30 Verlag Schiele und Schoen, Berlin, 231-240, 1998 verwiesen.

5 Bei den genannten interferometrischen Messvorrichtungen bzw. Messverfahren besteht eine Schwierigkeit darin, Messungen in tiefen Hohlräumen bzw. engen Kanälen vorzunehmen. Ein Vorschlag für eine Messvorrichtung, in der mittels Weisslichtinterferometrie auch in Hohlräumen Messungen vorgenommen werden können, ist in der DE 197 21 843 C1 gezeigt. Hierbei ist vorgeschlagen, einen
10 ersten Teilstrahl weiter in einen Referenz-Teilstrahl und mindestens einen Mess-Teilstrahl zu trennen, wobei ein weiterer Strahlteiler und der Referenzspiegel in einer gemeinsamen Messsonde angeordnet sind. Eine derartige Messsonde kann zwar in Hohlräume eingeführt werden, jedoch kann mit dieser Vorrichtung pro Messung im Wesentlichen nur eine kleine, punktartige Stelle der Oberfläche
15 abgetastet werden. Um mehr Stellen der Oberfläche in Tiefenrichtung zu vermessen, ist eine Relativbewegung zwischen Messobjekt und Messsonde erforderlich, wobei aber eine exakte laterale Zuordnung aufwendig und schwierig ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine interferometrische Messvorrichtung der eingangs erwähnten Art bereitzustellen, mit der insbesondere in tiefen
20 Hohlräumen vereinfachte Messungen mit hoher Genauigkeit ermöglicht werden.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruches 1 gelöst. Hiernach ist vorgesehen, dass in dem Objektlichtweg eine optische Sonde mit einer optischen Anordnung zum Erzeugen mindestens einer optischen Zwischenabbildung
25 vorgesehen ist und dass durch die optische Sonde sowohl die zu dem Messobjekt hinführende als auch die von ihm zurückkommende Strahlung verlaufen.

Durch die Zwischenabbildungen mittels der optischen Anordnung wird es, ähnlich
30 einem Endoskop oder Boreskop möglich, die betrachtete Oberfläche außer

5 mit hoher longitudinaler Auflösung auch mit einer hohen lateralen Auflösung über eine Strecke abzubilden, die groß ist gegenüber dem Durchmesser der abbildenden Optik. Die optische Sonde kann beispielsweise in Bohrungen von Ventilsitzen oder in Gefäße von Organismen für medizinische Messzwecke eingeführt werden. Im Gegensatz zu einem herkömmlichen Endoskop wird nun
10 quantitative Tiefeninformation gewonnen. Außerdem wird dabei dieselbe optische Anordnung zum Beleuchten der Messstelle auf dem Messobjekt und zum Übertragen der von dem Messobjekt kommenden Strahlung zu der Photodetektoreinrichtung genutzt.

15 Die optische Abbildung auf die Photodetektoreinrichtung kann dadurch verbessert werden, dass in dem Referenzlichtweg zum Kompensieren eines in der optischen Sonde vorhandenen Glasanteils hinsichtlich der Elemente für die Zwischenabbildung(en) eine gleiche weitere optische Sonde oder zumindest eine Glasanordnung vorgesehen ist.

20 Ein für die Handhabung günstiger Aufbau besteht darin, dass der optische Gangunterschied zwischen dem ersten und zweiten Arm größer ist als die Kohärenzlänge der Strahlung, dass die von dem ersten Spiegel und dem reflektierenden Element kommende Strahlung mittels eines weiteren Strahlteils durch eine gemeinsame optische Sonde geleitet sind (common path), dass in der optischen
25 Sonde ein Referenzspiegel in einer solchen Entfernung von dem Messobjekt angeordnet ist, dass der Gangunterschied zwischen dem ersten Spiegel und dem reflektierenden Element aufgehoben ist, und dass ein Teil der auf den Referenzspiegel auffallenden Strahlung zu der Photodetektoreinrichtung reflektiert

5 und ein Teil zu dem Messobjekt durchgelassen und von dort zu der Photodetektoreinrichtung reflektiert wird. Ein weiterer Vorteil besteht bei diesem Aufbau darin, dass Objekt- und Referenzwelle nahezu die identische Optik durchlaufen, wodurch sich Aberrationen weitgehend kompensieren. Außerdem ist diese Anordnung robust gegen mechanische Erschütterungen. Zwei Ausführungsmöglichkeiten bestehen dabei darin, dass der Referenzspiegel auf einer Planplatte oder
10 einem Prisma vorgesehen ist.

Die Handhabung kann dabei weiterhin dadurch erleichtert werden, dass zwischen dem Strahlteiler und dem weiteren Strahlteiler eine Faseroptik angeordnet ist.
15

Auch bei diesem Aufbau ist eine Trennung im Wesentlichen in einen Sondenteil und einen Teil mit Modulationsanordnung verwirklicht, wobei die Handhabung ebenfalls begünstigt wird.

20 Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel einer interferometrischen Messvorrichtung mit einer optischen Sonde in einem Messlichtweg,
25

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel, bei dem sowohl im Messlichtweg als auch im Referenzlichtweg eine optische Sonde vorgesehen sind,

5

Fig. 3 einen Aufbau der interferometrischen Messvorrichtung mit einem gemeinsamen Referenz- und Messlichtweg,

10

Fig. 4 ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem gegenüber dem Aufbau nach Fig. 3 zwischen einem ersten und einem weiteren Strahlteiler eine Faseroptik vorgesehen ist und

Fig. 5 ein weiteres Aufbaubeispiel der interferometrischen Messvorrichtung.

15

20

25

Fig. 1 zeigt eine interferometrische Messvorrichtung mit einer eine kurzkohärente Strahlung abgebenden Strahlungserzeugungseinheit SLD, wie z.B. einer Leuchtdiode oder Superlumineszenzdiode, deren Strahlung mittels eines Strahlteilers ST1 in einen ersten Teilstrahl T1 eines Messlichtwegs und einen zweiten Teilstrahl T2 eines Referenzlichtwegs aufgeteilt wird. Der Aufbau entspricht einem Michelson-Interferometer. In dem Referenzlichtweg wird der zweite Teilstrahl von einem Referenzspiegel RSP reflektiert, wobei der Referenzlichtweg beispielsweise durch Bewegen des Referenzspiegels RSP oder mittels akustooptischer Deflektoren, wie in der eingangs erwähnten DE 197 21 842 C2 beschrieben, periodisch geändert wird. Wird die Änderung des Lichtwegs mit zwei akustooptischen Deflektoren vorgenommen, so erübrigt sich ein mechanisch bewegtes reflektierendes Element, sondern stattdessen kann ein feststehendes Element, insbesondere ein Gitter, verwendet werden. Mittels eines Glasblocks G kann bei

5 Bedarf die Dispersion einer in dem Objektlichtweg angeordneten optischen Sonde OSO korrigiert werden.

10 In dem Objektlichtweg wird die Strahlung in die optische Sonde OSO eingekoppelt, so dass die Strahlung eine zu vermessende Oberfläche eines Messobjekts O beleuchtet. Die Objektoberfläche wird durch die optische Sonde OSO über eine oder mehrere Zwischenabbildungen auf eine Photodetektoreinrichtung in Form eines Bildsensors BS, beispielsweise eine CCD-Kamera abgebildet. Das Bild des Messobjekts O auf dem Bildsensor BS wird mit der Referenzwelle des zweiten Teilstrahls überlagert. Im Bild des Messobjekts O tritt hoher Interferenz-

15 kontrast dann auf, wenn ein Gangunterschied in dem Referenzlichtweg und dem Messlichtweg kleiner als die Kohärenzlänge ist. Das Messprinzip beruht dabei auf Weisslichtinterferometrie (Kurzkohärenzinterferometrie), wie sie in den eingangs erwähnten Druckschriften näher beschrieben ist. Die Länge des Referenzlichtwegs wird über den gesamten Messbereich zum Abtasten in Tiefenrichtung der zu vermessenden Oberfläche variiert, wobei für jeden Messpunkt die Länge des Referenzlichtwegs detektiert wird, bei welchem der höchste Interferenzkontrast auftritt. Durch die Zwischenabbildungen wird es ermöglicht, die Oberfläche des Messobjekts mit einer hohen lateralen Auflösung über eine Strecke abzubilden, die groß ist gegenüber dem Durchmesser der abbildenden

20 Optik. Die optische Sonde OSO ähnelt einem Endoskop bzw. Boreskop, wobei jedoch die Beleuchtung und die Rückführung der von der Messoberfläche kommende Strahlung über dieselbe optische Anordnung über zumindest eine Zwischenabbildung erfolgen. In Fig. 1 sind als weitere Abbildungselemente sche-

25

5 matisch einige Linsen L dargestellt. Die eigentlichen Zwischenabbildungen werden in der optischen Sonde OSO erzeugt.

10 Für Anwendungen, in welchen eine genaue Kompensation des Einflusses der abbildenden Linsen der optischen Sonde OSO notwendig ist, wird auch in dem Referenzlichtweg bzw. Referenzarm zwischen dem Strahlteiler ST1 und dem Referenzspiegel RSP die gleiche optische Sonde OSR integriert, wie in dem Objektlichtweg zwischen dem Strahlteiler ST1 und dem Messobjekt O, wie in Fig. 2 dargestellt.

15 In einem abgewandelten Aufbau gemäß Fig. 3 lässt sich die interferometrische Messvorrichtung auch als Anordnung mit einem gemeinsamen Referenz- und Messarm (Common Path-Anordnung) verwirklichen. Die interferometrische Messvorrichtung wird wieder mit einer kurzkohärenten (breitbandigen) Strahlungserzeugungseinheit beleuchtet. Der Strahlteiler ST1 teilt das Licht in zwei
20 Armen in den ersten Teilstrahl T1 und den zweiten Teilstrahl T2, wobei der erste Teilstrahl T1 auf einen ersten, feststehenden Spiegel SP1 und der zweite Teilstrahl T2 auf das reflektierende Element RSP in Form des Referenzspiegels fällt. Der optische Gangunterschied zwischen den so gebildeten Armen ist größer als die Kohärenzlänge der von der Strahlungserzeugungseinheit SLD erzeugten Strahlung. Von den beiden Spiegeln SP1 und RSP aus wird die reflektierte Strahlung über den Strahlteiler ST1 und einen weiteren Strahlteiler ST2 in die optische Sonde OS eingespeist. Die Besonderheit dieses Aufbaus ist, dass sich ein Referenzspiegel RSP2 in der optischen Sonde OS selbst befindet.

25

5 Ein Teil der Strahlung wird an diesem Referenzspiegel RSP2 reflektiert, während der andere Teil der Strahlung die zu vermessende Oberfläche beleuchtet. Der Referenzspiegel RSP2 kann auf einer Planplatte aufgebracht sein oder auf einem Prisma. Durch die Verwendung eines Prismas kann die Wellenfront der die Objektoberfläche beleuchtenden Strahlung, d.h. der Objektwelle an die Geometrie (z.B. Neigung) der zu vermessenden Oberfläche angepasst werden. Das Messobjekt O wird mittels der optischen Sonde OS wiederum über eine oder mehrere Zwischenabbildungen auf den Bildsensor BS abgebildet und mit der Referenzwelle überlagert. Zur Gewinnung der Höheninformation wird das reflektierende Element RSP über den Messbereich verfahren oder die Änderung des Lichtwegs wie vorstehend beschrieben vorgenommen. In dem Bild des Messobjekts O tritt hoher Interferenzkontrast dann auf, wenn der Gangunterschied zwischen dem feststehenden Spiegel SP1 und dem reflektierenden Element RSP bzw. der Lichtwege der beiden Arme genau dem optischen Gangunterschied zwischen dem Referenzspiegel RSP2 und dem Messobjekt O ist. Zur Gewinnung des Höhenprofils werden bekannte Verfahren zur Detektion des höchsten Interferenzkontrastes in jedem Bildpunkt (Pixel) verwendet. Dieser Aufbau hat den Vorteil, dass Objekt- und Referenzwelle nahezu die identische Optik durchlaufen, wodurch sich Aberrationen weitgehend kompensieren. Außerdem ist diese Anordnung robuster gegen mechanische Erschütterungen.

25 Für eine noch einfachere Handhabung der Messvorrichtung kann die Strahlung des Strahlteilers ST1 auch mittels einer Faseroptik LF zu dem weiteren Strahlteiler ST1 übertragen werden, wie in Fig. 4 dargestellt.

5 Ein weiterer alternativer Aufbau ist in Fig. 5 dargestellt. Alternativ zu dem Aufbau mit dem gemeinsamen Referenz- und Messlichtweg gemäß den Fig. 3 und 4 ist eine kombinierte Mach-Zehnder-Michelson-Anordnung vorgesehen. Wieder wird eine breitbandige Strahlungserzeugungseinheit SLD verwendet, deren Strahlung in eine Faseroptik eingekoppelt wird. Der erste Strahlteiler ST1 teilt die Strahlung in einen Objektarm OA und Referenzarm RA auf. In dem Objektarm OA wird der erste Teilstrahl T1 aus der entsprechenden Lichtleitfaser ausgekoppelt und über den weiteren Strahlteiler ST2 in die optische Sonde OSO eingekoppelt, so dass die zu vermessende Oberfläche des Messobjekts O beleuchtet wird. Die Objektoberfläche wird durch die optische Sonde OSO über 10 eine oder mehrere Zwischenabbildungen auf dem Bildsensor BS abgebildet. In dem Referenzarm RA wird das Licht aus der entsprechenden Lichtleitfaser ausgekoppelt, durchläuft dann, wenn nötig, die gleiche optische Sonde OSR wie sie in dem Objektarm OA eingesetzt ist und wird an einem zweiten Faserkoppler R2 wieder in eine dort angeordnete Lichtleitfaser eingekoppelt. Über die Lichtleitfaser gelangt die Referenzwelle bis zu dem weiteren Strahlteiler ST2. Dort wird sie ausgekoppelt und über den weiteren Strahlteiler ST2 auf dem Bildsensor BS mit der Objektwelle überlagert. In beiden Armen müssen die optischen Wege 20 in der Luft, den optischen Sonden OSO bzw. OSR sowie in den Lichtleitfasern abgeglichen sein. Die Durchstimmung der Weglänge im Referenzarm RA erfolgt hier z.B. durch Verschiebung des zweiten Faserkopplers R2, so dass sich der optische Luftweg im Referenzarm ändert.

05.10.99 fle/poh

5

Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

10

Ansprüche

15

1. Interferometrische Messvorrichtung zur Formvermessung insbesondere rauher Oberflächen eines Messobjekts (O) mit einer eine kurzkohärente Strahlung abgebenden Strahlungserzeugungseinheit (SLD), einem Strahlteiler (ST1) zum Bilden eines ersten und eines zweiten Teilstrahls (T1, T2), von denen der erste über einen Objektlichtweg zu dem Messobjekt (O) und der zweite über einen Referenzlichtweg auf eine Vorrichtung mit einem reflektierenden Element (RSP) zum Ändern des Lichtwegs gerichtet ist, mit einem Überlagerungselement, an dem die von dem Messobjekt (O) und der Vorrichtung kommende Strahlung zur Interferenz gebracht werden, und einer Photodetektoreinrichtung (BS), die die interferierte Strahlung aufnimmt und entsprechende Signale einer Einrichtung zur Auswertung zuführt, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Objektlichtweg eine optische Sonde (OS, OSO) mit einer optischen Anordnung zum Erzeugen mindestens einer optischen Zwischenabbildung vorgesehen ist und

20

25

30

5

dass durch die optische Sonde (OS, OSO) sowohl die zu dem Messobjekt (O) hinführende als auch die von ihm zurückkommende Strahlung verlaufen.

10

2. Messvorrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass in dem Referenzlichtweg zum Kompensieren eines in der optischen Sonde (OSO) vorhandenen Glasanteils hinsichtlich der Elemente für die Zwischenabbildung(en) gleiche weitere optische Sonde (OSR) oder zumindest eine Glasanordnung vorgesehen ist.

15

3. Messvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass der von dem Strahlteiler (ST1) gebildete erste Teilstrahl (T1) zunächst über einen ersten Arm auf einen feststehenden ersten Spiegel (SP1) gerichtet ist, während der zweite Teilstrahl (T2) über einen zweiten Arm auf das reflektierende Element (RSP) gerichtet ist,

20

dass der optische Gangunterschied zwischen dem ersten und zweiten Arm größer ist als die Kohärenzlänge der Strahlung,

dass die von dem ersten Spiegel (SP1) und dem reflektierenden Element (RSP) kommende Strahlung mittels eines weiteren Strahlteilers (ST2) durch eine gemeinsame optische Sonde (OSO) geleitet sind,

25

dass in der optischen Sonde (OSO) ein Referenzspiegel (RSP2) in einer solchen Entfernung von dem Messobjekt (O) angeordnet ist,

dass der Gangunterschied zwischen dem ersten Spiegel (SP1) und dem reflektierenden Element (RSP) aufgehoben ist, und

30

5

dass ein Teil der auf den Referenzspiegel (RSP2) auffallenden Strahlung zu der Photodetektoreinrichtung (BS) reflektiert und ein Teil zu dem Messobjekt (O) durchgelassen und von dort zu der Photodetektoreinrichtung (BS) reflektiert wird.

10

4. Messvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzspiegel (RSP2) auf einer Planplatte oder einem Prisma vorgesehen ist.

15

5. Messvorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Strahlteiler (ST1) und dem weiteren Strahlteiler (ST2) eine Faseroptik (LF) angeordnet ist.

20

6. Messvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die von der Strahlungserzeugungseinheit (SLD) abgegebene Strahlung in eine Faseroptik eingekoppelt und anschließend von dem Strahlteiler (ST1) in den ersten und zweiten Teilstrahl (T1, T2) aufgeteilt wird, dass der erste Teilstrahl (T1) in einem Objektarm (OA) aus der Faseroptik ausgekoppelt und über einen weiteren Strahlteiler (ST2) in die optische Sonde (OSO) eingekoppelt und zu dem Messobjekt (O) geführt wird, von der die Strahlung über die optische Anordnung (L; L1 - L5; L6) auf die Photodetektoreinrichtung (BS) geführt wird,

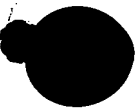
25

30

5

dass der zweite Teilstrahl (T2) in einem Referenzarm (RA) aus der Faseroptik des Referenzarms (RA) ausgekoppelt wird, die weitere optische Sonde (OSR) durchläuft, über eine weitere Faseroptik zu dem weiteren Strahlteiler (ST2) und von dort auf die Photodetektor (BS) geführt wird zur Überlagerung mit der von dem Messobjekt (O) kommenden Strahlung.

10



05.10.99 fle/poh

5

Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

10

Interferometrische Messvorrichtung zur Formvermessung**Zusammenfassung**

15

20

25

30

Die Erfindung bezieht sich auf eine interferometrische Messvorrichtung zur Formvermessung insbesondere rauher Oberflächen eines Messobjekts (O) mit einer eine kurzkohärente Strahlung abgebenden Strahlungserzeugungseinheit (SLD), einem Strahlteiler (ST1) zum Bilden eines ersten und eines zweiten Teilstrahls (T1, T2), von denen der erste über einen Objektlichtweg zu dem Messobjekt (O) und der zweite über einen Referenzlichtweg auf eine Vorrichtung mit einem reflektierenden Element (RSP) zum Ändern des Lichtwegs gerichtet ist, mit einem Überlagerungselement, an dem die von dem Messobjekt (O) und der Vorrichtung kommende Strahlung zur Interferenz gebracht werden, und einer Photodetektoreinrichtung (BS), die die interferierte Strahlung aufnimmt und entsprechende Signale einer Einrichtung zur Auswertung zuführt. Eine genaue Vermessung von Objektoberflächen in engen Hohlräumen in drei Dimensionen mit hoher Genauigkeit wird dadurch ermöglicht, dass in dem Objektlichtweg eine optische Sonde (OS, OSO) mit einer optischen Anordnung zum Erzeugen mindestens einer optischen Zwischenabbildung vorgesehen ist und dass durch die optische Sonde (OS, OSO) sowohl die zu dem Messobjekt (O) hinführende als auch die von ihm zurückkommende Strahlung verlaufen (Fig. 1).

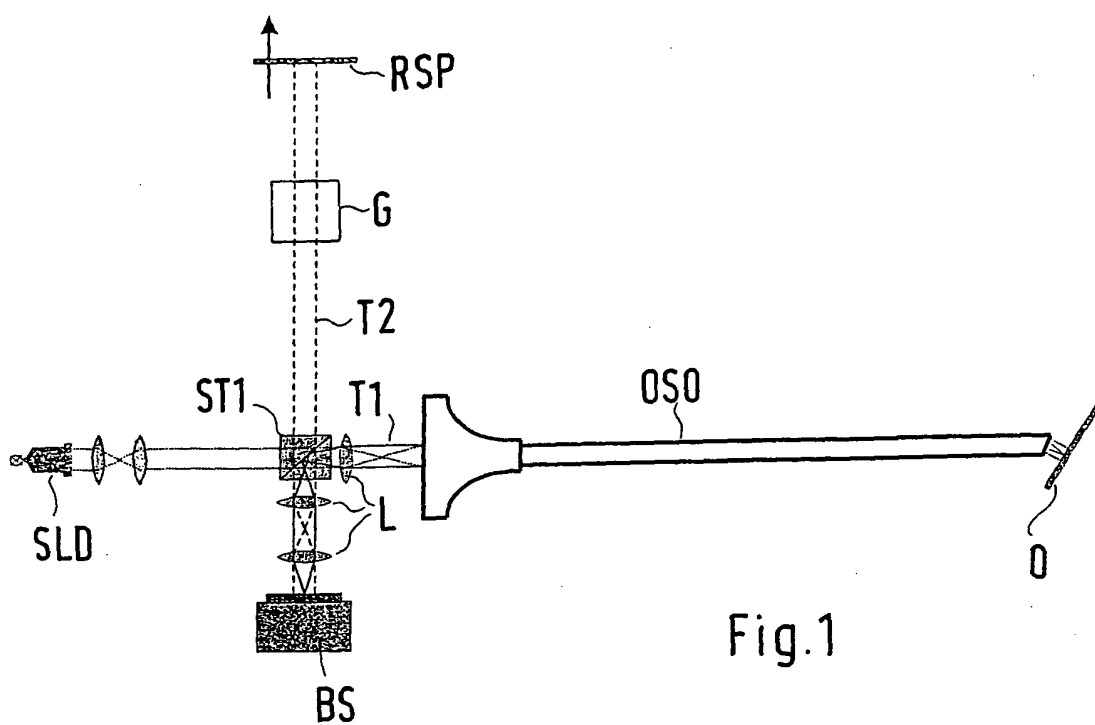


Fig.1

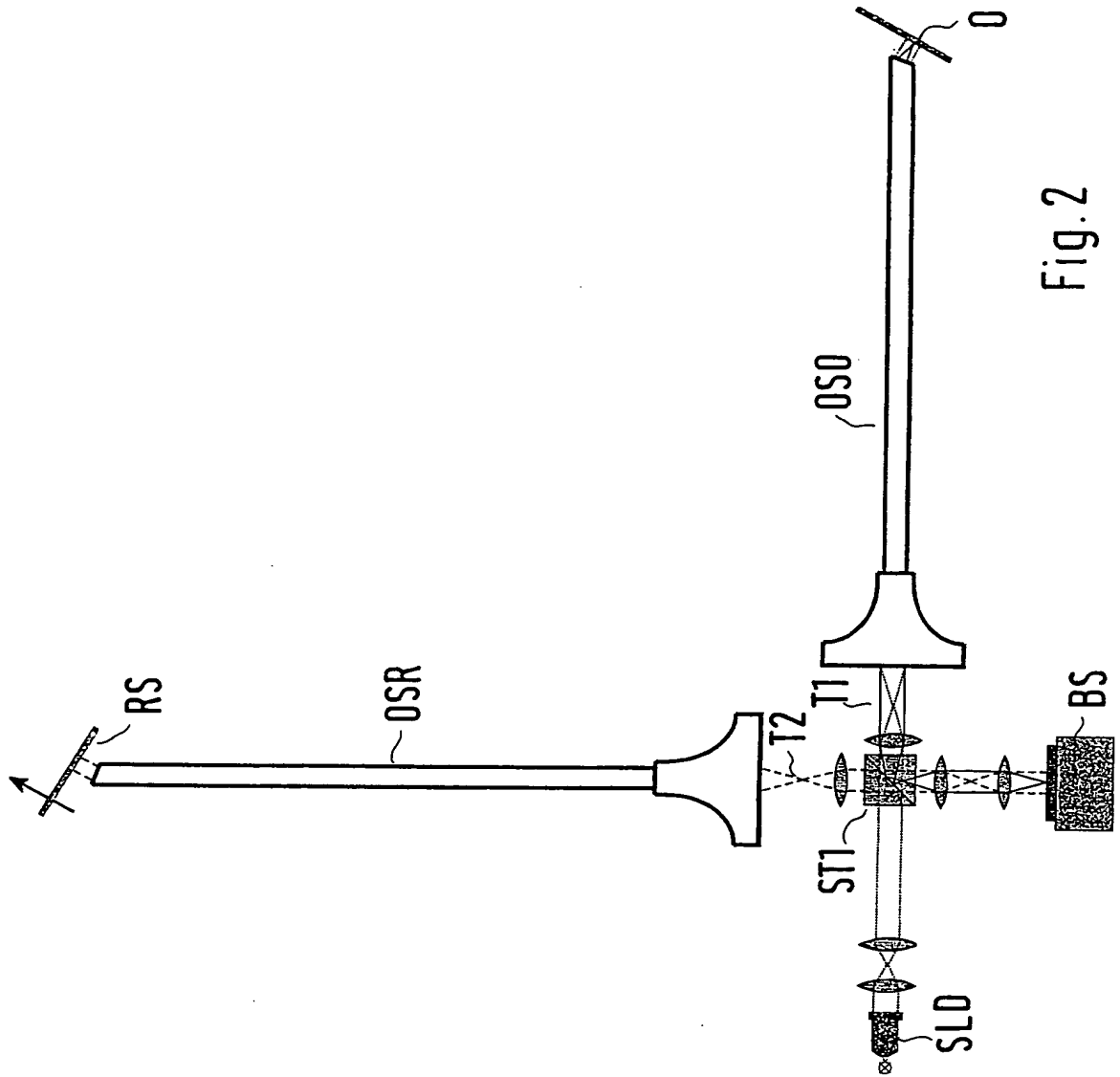


Fig. 2

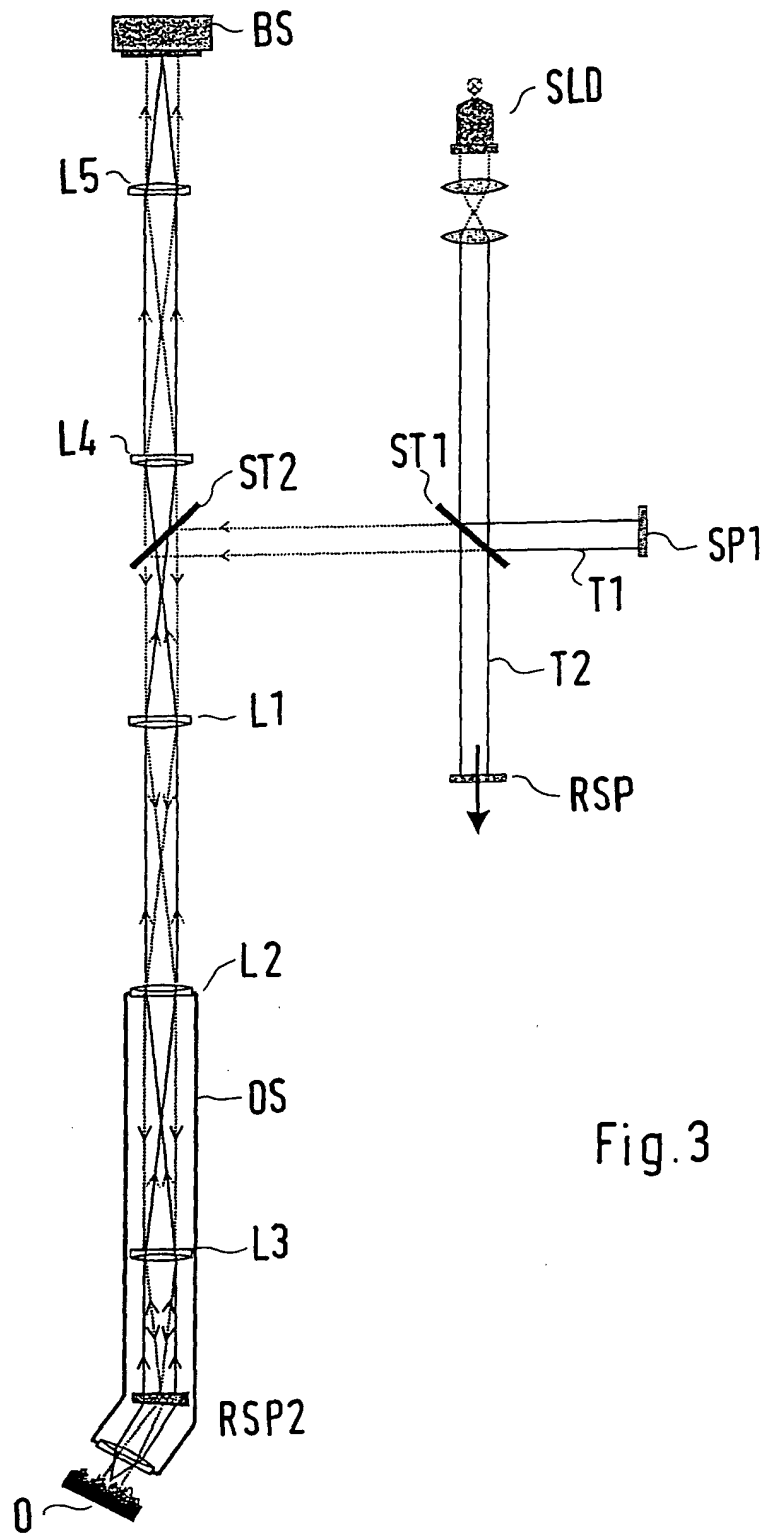


Fig.3

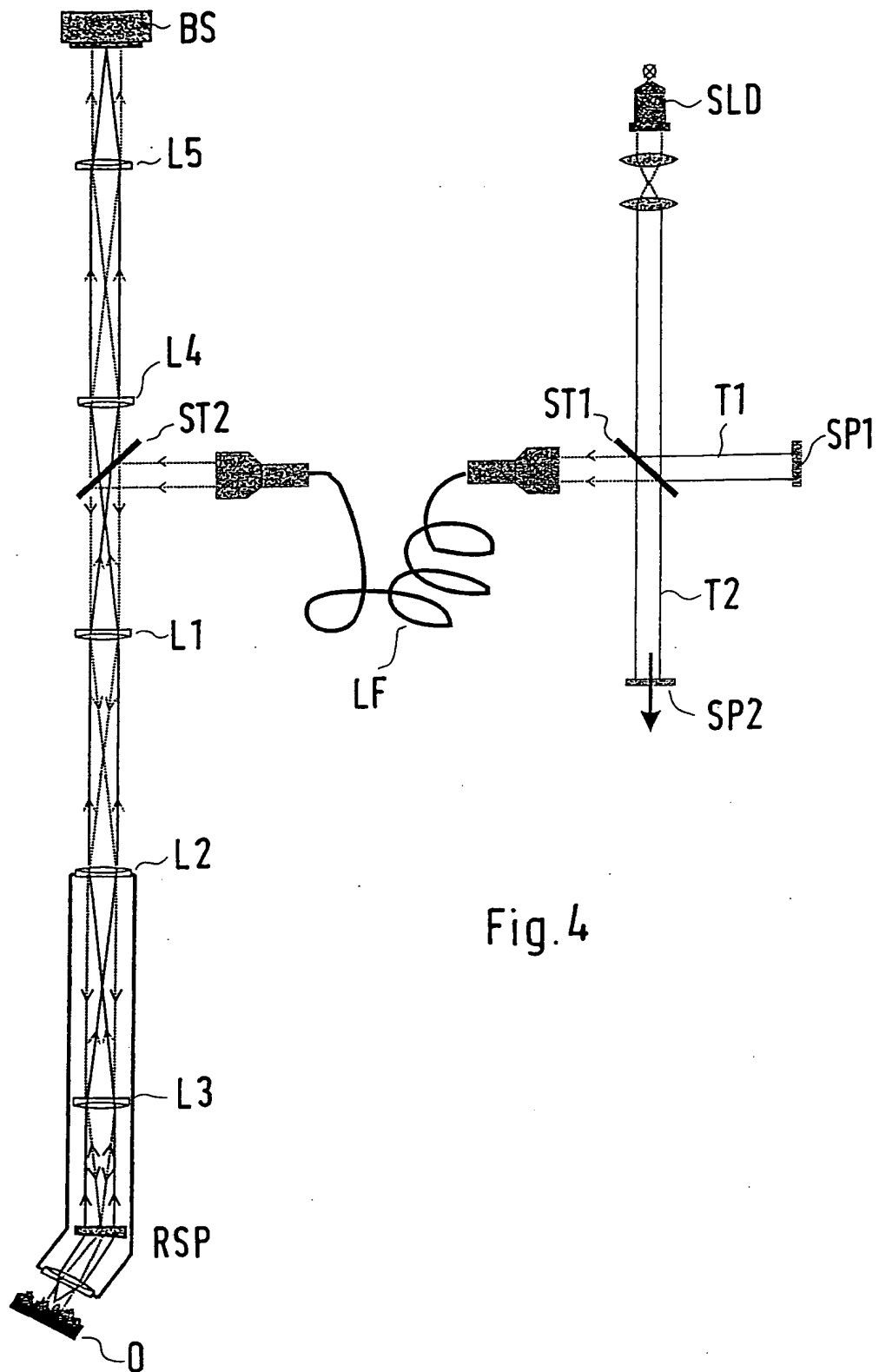


Fig. 4

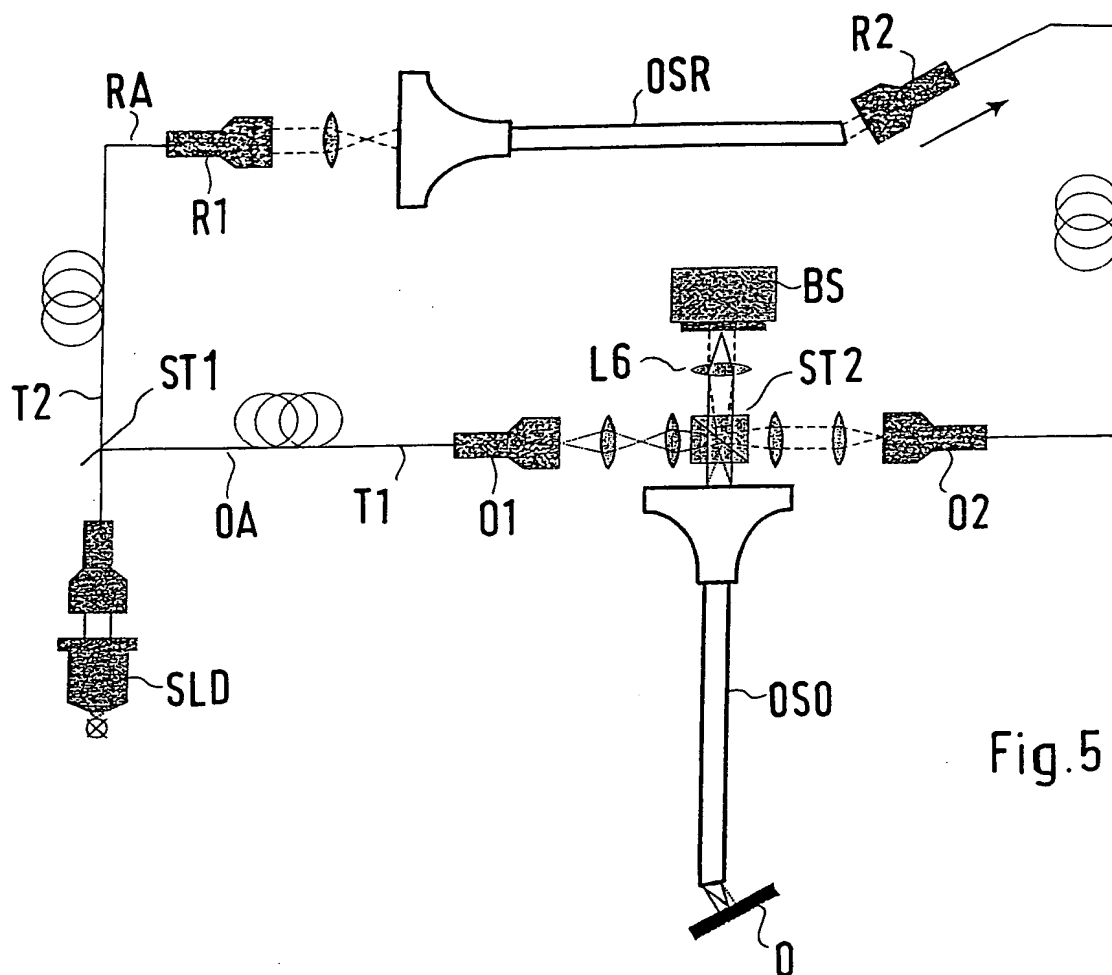


Fig.5



BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



PC/IDE 001 000 47
DE 0013547 19/4
REC'D 25 JAN 2001
PCT
EJU

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 100 47 495.0
Anmeldetag: 26. September 2000
Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH,
Stuttgart/DE
Bezeichnung: Interferometrische Messvorrichtung zur
Formvermessung
Priorität: 09.10.1999 DE 199 48 813.4
IPC: G 01 B 9/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 11. Januar 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Im Auftrag
[Signature]

Falsch

A 9161
08/00
EDV-L

20. Sept. 2000 - fle/poe

Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

Interferometrische Messvorrichtung zur Formvermessung

Stand der Technik

Die Erfindung bezieht sich auf eine interferometrische Messvorrichtung zur Formvermessung insbesondere rauher Oberflächen eines Messobjekts mit einer kurzkohärenten Strahlung abgebenden Strahlungserzeugungseinheit, einem Strahlteiler zum Bilden eines ersten und eines zweiten Teilstrahls, von denen der erste über einen Objektlichtweg zu dem Messobjekt und der zweite über einen Referenzlichtweg zu einer reflektierenden Referenzebene gerichtet ist, mit einem Überlagerungselement, an dem die von dem Messobjekt und der Referenzebene kommende Strahlung zur Überlagerung gebracht werden, und einem Bildwandler, der die überlagerte Strahlung aufnimmt und entsprechende Signale einer Einrichtung zur Auswertung zuführt, wobei zur Messung die optische Weglänge

5 des Objektlichtweges relativ zur optischen Weglänge des Referenzlichtweges geändert wird.

10 Eine derartige interferometrische Messvorrichtung ist in der DE 197 21 842 C2 angegeben. Bei dieser bekannten Messvorrichtung gibt eine Strahlungserzeugungseinheit, beispielsweise eine Leuchtdiode oder Superlumineszenzdiode, eine kurzkohärente Strahlung ab, die über einen Strahlteiler in einen ersten, über einen Objektlichtweg geführten Teilstrahl und einen zweiten, über einen Referenzlichtweg geführten Teilstrahl aufgeteilt wird. Der Referenzlichtweg wird mittels zweier Deflektorelemente und eines dahinter angeordneten, feststehenden Beugungsgitters durch Ansteuern der Deflektorelemente periodisch geändert, um die Objektoberfläche in Tiefenrichtung abzutasten. Wenn der Objektlichtweg und der Referenzlichtweg übereinstimmen, ergibt sich ein Maximum des Interferenzkontrasts, der mittels einer der Photodetektoreinrichtung nachgeschalteten Auswerteeinrichtung erkannt wird.

20 Eine vom Messprinzip (Weisslichtinterferometrie oder Kurzkohärenzinterferometrie) her entsprechende interferometrische Messvorrichtung ist auch in der DE 41 08 944 A1 angegeben. Hierbei wird zur Änderung des Lichtwegs in dem Referenzstrahlengang jedoch ein bewegter Spiegel verwendet. Bei diesem Verfahren wird die Oberfläche des Objektes auf die Fotodetektoreinrichtung mittels eines optischen Systems abgebildet, wobei es jedoch schwierig ist, in Hohlräumen Messungen vorzunehmen.

5 Zu weiteren derartigen interferometrischen Messvorrichtungen bzw. interfero-
metrischen Messverfahren auf der Basis der Weißlichtinterferometrie wird auf P.
de Groot, L. Deck, "Surface profiling by analysis of white-light interferograms in
the spatial frequency domain" J. Mod. Opt., Vol. 42, No. 2, 389-401, 1995 und
10 T. Maack, G. Notni, W. Schreiber, W.-D. Prenzel, "Endoskopisches 3-D-
Formmesssystem", in Jahrbuch für Optik und Feinmechanik, Ed. W.-D. Prenzel,
Verlag Schiele und Schoen, Berlin, 231-240, 1998 verwiesen.

Bei den genannten interferometrischen Messvorrichtungen bzw. Messverfahren
besteht eine Schwierigkeit darin, Messungen in tiefen Hohlräumen bzw. engen
15 Kanälen vorzunehmen. Ein Vorschlag für eine Messvorrichtung, in der mittels
Weißlichtinterferometrie auch in Hohlräumen Messungen vorgenommen werden
können, ist in der DE 197 21 843 C1 gezeigt. Hierbei ist vorgeschlagen, einen
ersten Teilstrahl weiter in einen Referenz-Teilstrahl und mindestens einen Mess-
Teilstrahl zu trennen, wobei ein weiterer Strahlteiler und der Referenzspiegel in
20 einer gemeinsamen Messsonde angeordnet sind. Eine derartige Messsonde kann
zwar in Hohlräume eingeführt werden, jedoch kann mit dieser Vorrichtung pro
Messung im Wesentlichen nur eine kleine, punkartige Stelle der Oberfläche
abgetastet werden. Um mehr Stellen der Oberfläche in Tiefenrichtung zu ver-
messen, ist eine Relativbewegung zwischen Messobjekt und Messsonde erfor-
25 derlich, wobei aber eine exakte laterale Zuordnung aufwendig und schwierig ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine interferometrische Messvorrich-
tung der eingangs erwähnten Art bereitzustellen, mit der insbesondere in tiefen
Hohlräumen vereinfachte Messungen mit hoher Genauigkeit ermöglicht werden.

5 Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruches 1 gelöst. Hiernach ist vorgesehen, dass in dem Objektlichtweg eine optische Sonde mit einer optischen Anordnung zum Erzeugen mindestens einer optischen Zwischenabbildung vorgesehen ist.

10 Durch die Zwischenabbildungen mittels der optischen Anordnung wird es, ähnlich einem Endoskop oder Boreskop möglich, die betrachtete Oberfläche außer mit hoher longitudinaler Auflösung auch mit einer hohen lateralen Auflösung über eine Strecke abzubilden, die groß ist gegenüber dem Durchmesser der abbildenden Optik. Die optische Sonde kann beispielsweise in Bohrungen von
15 Ventilsitzen oder in Gefäße von Organismen für medizinische Messzwecke eingeführt werden. Im Gegensatz zu einem herkömmlichen Endoskop wird nun quantitative Tiefeninformation gewonnen. Eine vorteilhafte Ausführung besteht dabei darin, dass die mindestens eine Zwischenabbildung im Objektlichtweg erzeugt wird. Dabei wird dieselbe optische Anordnung zum Beleuchten der
20 Messstelle auf dem Messobjekt und zum Übertragen der von dem Messobjekt kommenden Strahlung zu der Photodetektoreinrichtung genutzt, wenn vorgesehen ist, dass durch die optische Sonde sowohl die zu dem Messobjekt hin-führende als auch die von ihm zurückkommende Strahlung verlaufen.

25 Die optische Abbildung auf die Photodetektoreinrichtung kann dadurch verbessert werden, dass in dem Referenzlichtweg zum Kompensieren eines in der optischen Sonde vorhandenen Glasanteils hinsichtlich der Elemente für die Zwischenabbildung(en) eine gleiche weitere optische Sonde oder zumindest eine Glasanordnung vorgesehen ist.

5 Ein für die Handhabung günstiger Aufbau besteht darin, dass der optische Gang-
unterschied zwischen dem ersten und zweiten Arm größer ist als die Kohärenz-
länge der Strahlung, dass die von dem ersten Spiegel und dem reflektierenden
10 Element kommende Strahlung mittels eines weiteren Strahlteils durch eine ge-
meinsame optische Sonde geleitet sind (common path), dass in der optischen
Sonde ein Referenzspiegel in einer solchen Entfernung von dem Messobjekt an-
geordnet ist, dass der Gangunterschied zwischen dem ersten Spiegel und dem
reflektierenden Element aufgehoben ist, und dass ein Teil der auf den Referenz-
spiegel auffallenden Strahlung zu der Photodetektoreinrichtung reflektiert
15 und ein Teil zu dem Messobjekt durchgelassen und von dort zu der Photodetek-
toreinrichtung reflektiert wird. Ein weiterer Vorteil besteht bei diesem Aufbau
darin, dass Objekt- und Referenzwelle nahezu die identische Optik durchlaufen,
wodurch sich Aberrationen weitgehend kompensieren. Außerdem ist diese An-
ordnung robust gegen mechanische Erschütterungen. Zwei Ausführungsmöglich-
keiten bestehen dabei darin, dass der Referenzspiegel auf einer Planplatte oder
20 einem Prisma vorgesehen ist.

Die Handhabung kann dabei weiterhin dadurch erleichtert werden, dass
zwischen dem Strahlteiler und dem weiteren Strahlteiler eine Faseroptik an-
geordnet ist.

25 Auch bei diesem Aufbau ist eine Trennung im Wesentlichen in einen Sondenteil
und einen Teil mit Modulationsanordnung verwirklicht, wobei die Handhabung
ebenfalls begünstigt wird.

5 Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel einer interferometrischen Messvorrichtung mit einer optischen Sonde in einem Messlichtweg,

10 Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel, bei dem sowohl im Messlichtweg als auch im Referenzlichtweg eine optische Sonde vorgesehen sind,

15 Fig. 3 einen Aufbau der interferometrischen Messvorrichtung mit einem gemeinsamen Referenz- und Messlichtweg,

Fig. 4 ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem gegenüber dem Aufbau nach Fig. 3 zwischen einem ersten und einem weiteren Strahlteiler eine Faseroptik vorgesehen ist und

20 Fig. 5 ein weiteres Aufbaubeispiel der interferometrischen Messvorrichtung.

25 Fig. 1 zeigt eine interferometrische Messvorrichtung mit einer eine kurzkohärente Strahlung abgebenden Strahlungserzeugungseinheit SLD, wie z.B. einer Leuchtdiode oder Superlumineszenzdiode, deren Strahlung mittels eines Strahlteilers ST1 in einen ersten Teilstrahl T1 eines Messlichtwegs und einen zweiten Teilstrahl T2 eines Referenzlichtwegs aufgeteilt wird. Der Aufbau entspricht einem

5 Michelson-Interferometer. In dem Referenzlichtweg wird der zweite Teilstrahl von einer Referenzebene in Form eines Referenzspiegels RSP reflektiert, wobei der Referenzlichtweg beispielsweise durch Bewegen des Referenzspiegels RSP oder mittels akustooptischer Deflektoren, wie in der eingangs erwähnten DE 197 21 842 C2 beschrieben, periodisch geändert wird. Wird die Änderung des Lichtwegs mit zwei akusto-optischen Deflektoren vorgenommen, so erübrigt sich
10 ein mechanisch bewegtes reflektierendes Element, sondern stattdessen kann ein feststehendes Element, insbesondere ein Gitter, verwendet werden. Mittels eines Glasblocks G kann bei Bedarf die Dispersion einer in dem Objektlichtweg angeordneten optischen Sonde OSO korrigiert werden.

15 In dem Objektlichtweg wird die Strahlung in die optische Sonde OSO eingekoppelt, so dass die Strahlung eine zu vermessende Oberfläche eines Messobjekts O beleuchtet. Die Objektoberfläche wird durch die optische Sonde OSO über eine oder mehrere Zwischenabbildungen auf eine Photodetektoreinrichtung in
20 Form eines Bildwandlers bzw. Bildsensors BS, beispielsweise eine CCD-Kamera abgebildet. Das Bild des Messobjekts O auf dem Bildsensor BS wird mit der Referenzwelle des zweiten Teilstrahls überlagert. Im Bild des Messobjekts O tritt hoher Interferenzkontrast dann auf, wenn ein Gangunterschied in dem Referenzlichtweg und dem Messlichtweg kleiner als die Kohärenzlänge ist. Das
25 Messprinzip beruht dabei auf Weißlichtinterferometrie (Kurzkohärenzinterferometrie), wie sie in den eingangs erwähnten Druckschriften näher beschrieben ist. Die Länge des Referenzlichtwegs wird über den gesamten Messbereich zum Abtasten in Tiefenrichtung der zu vermessenden Oberfläche variiert, wobei für jeden Messpunkt die Länge des Referenzlichtwegs detektiert wird, bei

5 welchem der höchste Interferenzkontrast auftritt. Durch die Zwischenabbildungen wird es ermöglicht, die Oberfläche des Messobjekts mit einer hohen lateralen Auflösung über eine Strecke abzubilden, die groß ist gegenüber dem Durchmesser der abbildenden Optik. Die optische Sonde OSO ähnelt einem Endoskop bzw. Boreskop, wobei jedoch die Beleuchtung und die Rückführung der von der Messoberfläche kommende Strahlung über dieselbe optische Anordnung über zumindest eine Zwischenabbildung erfolgen. In Fig. 1 sind als weitere Abbildungselemente schematisch einige Linsen L dargestellt. Die eigentlichen Zwischenabbildungen werden in der optischen Sonde OSO erzeugt.

10
15 Für Anwendungen, in welchen eine genaue Kompensation des Einflusses der abbildenden Linsen der optischen Sonde OSO notwendig ist, wird auch in dem Referenzlichtweg bzw. Referenzarm zwischen dem Strahlteiler ST1 und dem Referenzspiegel RSP die gleiche optische Sonde OSR integriert, wie in dem Objektlichtweg zwischen dem Strahlteiler ST1 und dem Messobjekt O, wie in Fig. 2 dargestellt.

20
25 In einem abgewandelten Aufbau gemäß Fig. 3 lässt sich die interferometrische Messvorrichtung auch als Anordnung mit einem gemeinsamen Referenz- und Messarm (Common Path-Anordnung) verwirklichen. Die interferometrische Messvorrichtung wird wieder mit einer kurzkohärenten (breitbandigen) Strahlungserzeugungseinheit beleuchtet. Der Strahlteiler ST1 teilt das Licht in zwei Armen in den ersten Teilstrahl T1 und den zweiten Teilstrahl T2, wobei der erste Teilstrahl T1 auf einen ersten, feststehenden Spiegel SP1 und der zweite Teilstrahl T2 auf das reflektierende Element RSP in Form des Referenzspiegels fällt.

5 Der optische Gangunterschied zwischen den so gebildeten Armen ist größer als die Kohärenzlänge der von der Strahlungserzeugungseinheit SLD erzeugten Strahlung. Von den beiden Spiegeln SP1 und RSP aus wird die reflektierte Strahlung über den Strahlteiler ST1 und einen weiteren Strahlteiler ST2 in die optische Sonde OS eingespeist. Die Besonderheit dieses Aufbaus ist, dass sich ein Referenzspiegel RSP2 in der optischen Sonde OS selbst befindet.

10 Ein Teil der Strahlung wird an diesem Referenzspiegel RSP2 reflektiert, während der andere Teil der Strahlung die zu vermessende Oberfläche beleuchtet. Der Referenzspiegel RSP2 kann auf einer Planplatte aufgebracht sein oder auf einem
15 Prisma. Durch die Verwendung eines Prismas kann die Wellenfront der die Objektoberfläche beleuchtenden Strahlung, d.h. der Objektwelle an die Geometrie (z.B. Neigung) der zu vermessenden Oberfläche angepasst werden. Das Messobjekt O wird mittels der optischen Sonde OS wiederum über eine oder mehrere Zwischenabbildungen auf den Bildsensor BS abgebildet und mit der Referenzwelle überlagert. Zur Gewinnung der Höheninformation wird das reflektierende
20 Element RSP über den Messbereich verfahren oder die Änderung des Lichtwegs wie vorstehend beschrieben vorgenommen. In dem Bild des Messobjekts O tritt hoher Interferenzkontrast dann auf, wenn der Gangunterschied zwischen dem feststehenden Spiegel SP1 und dem reflektierenden Element RSP bzw. der Lichtwege der beiden Arme genau dem optischen Gangunterschied zwischen dem Referenzspiegel RSP2 und dem Messobjekt O ist. Zur Gewinnung des Höhenprofils werden bekannte Verfahren zur Detektion des höchsten Interferenzkontrastes in jedem Bildpunkt (Pixel) verwendet. Dieser Aufbau hat den Vorteil, dass
25

5 Objekt- und Referenzwelle nahezu die identische Optik durchlaufen, wodurch sich Aberrationen weitgehend kompensieren. Außerdem ist diese Anordnung robuster gegen mechanische Erschütterungen.

10 Für eine noch einfachere Handhabung der Messvorrichtung kann die Strahlung des Strahlteilers ST1 auch mittels einer Faseroptik LF zu dem weiteren Strahlteiler ST1 übertragen werden, wie in Fig. 4 dargestellt.

15 Ein weiterer alternativer Aufbau ist in Fig. 5 dargestellt. Alternativ zu dem Aufbau mit dem gemeinsamen Referenz- und Messlichtweg gemäß den Fig. 3 und 4 ist eine kombinierte Mach-Zehnder-Michelson-Anordnung vorgesehen. Wieder wird eine breitbandige Strahlungserzeugungseinheit SLD verwendet, deren Strahlung in eine Faseroptik eingekoppelt wird. Der erste Strahlteiler ST1 teilt die Strahlung in einen Objektarm OA und Referenzarm RA auf. In dem Objektarm OA wird der erste Teilstrahl T1 aus der entsprechenden Lichtleitfaser ausgekoppelt und über den weiteren Strahlteiler ST2 in die optische Sonde OSO eingekoppelt, so dass die zu vermessende Oberfläche des Messobjekts O beleuchtet wird. Die Objektoberfläche wird durch die optische Sonde OSO über eine oder mehrere Zwischenabbildungen auf dem Bildsensor BS abgebildet. In dem Referenzarm RA wird das Licht aus der entsprechenden Lichtleitfaser ausgekoppelt, durchläuft dann, wenn nötig, die gleiche optische Sonde OSR wie sie
20 in dem Objektarm OA eingesetzt ist und wird an einem zweiten Faserkoppler R2 wieder in eine dort angeordnete Lichtleitfaser eingekoppelt. Über die Lichtleitfaser gelangt die Referenzwelle bis zu dem weiteren Strahlteiler ST2. Dort wird sie ausgekoppelt und über den weiteren Strahlteiler ST2 auf dem Bildsensor

- 5 BS mit der Objektwelle überlagert. In beiden Armen müssen die optischen Wege in der Luft, den optischen Sonden OSO bzw. OSR sowie in den Lichtleitfasern abgeglichen sein. Die Durchstimmung der Weglänge im Referenzarm RA erfolgt hier z.B. durch Verschiebung des zweiten Faserkopplers R2, so dass sich der optische Luftweg im Referenzarm ändert.

10



20.09.2000 - fle/poe

5

Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

10

A n s p r ü c h e

15

1. Interferometrische Messvorrichtung zur Formvermessung insbesondere rauher Oberflächen eines Messobjekts (O) mit einer eine kurzkohärente Strahlung abgebenden Strahlungserzeugungseinheit (SLD), einem Strahlteiler (ST1) zum Bilden eines ersten und eines zweiten Teilstrahls (T1, T2), von denen der erste über einen Objektlichtweg zu dem Messobjekt (O) und der zweite über einen Referenzlichtweg zu einer reflektierenden Referenzebene (RSP) gerichtet ist, mit einem Überlagerungselement, an dem die von dem Messobjekt (O) und der Referenzebene (RSP) kommende Strahlung zur Überlagerung gebracht werden, und einem Bildwandler (BS), der die überlagerte Strahlung aufnimmt und entsprechende Signale einer Einrichtung zur Auswertung zuführt, wobei zur Messung die optische Weglänge des Objektlichtweges relativ zur optischen Weglänge des Referenzlichtweges geändert wird, dadurch gekennzeichnet,

20

25

5

dass in dem Objektlichtweg eine optische Sonde (OS, OSO) mit einer optischen Anordnung zum Erzeugen mindestens einer optischen Zwischenabbildung vorgesehen ist.

2. Messvorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

10

dass die mindestens eine Zwischenabbildung im Objektlichtweg erzeugt wird.

3. Messvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,

15

dass durch die optische Sonde (OS, OSO) sowohl die zu dem Messobjekt (O) hinführende als auch die von ihm zurückkommende Strahlung verlaufen.

20

4. Messvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

dass in dem Referenzlichtweg zum Kompensieren eines in der optischen Sonde (OSO) vorhandenen Glasanteils hinsichtlich der Elemente für die Zwischenabbildung(en) eine gleiche weitere optische Sonde (OSR) oder zumindest eine Glasanordnung vorgesehen ist.

25

5. Messvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

dass der von dem Strahlteiler (ST1) gebildete erste Teilstrahl (T1) zunächst über einen ersten Arm auf einen feststehenden ersten Spiegel

30

5

(SP1) gerichtet ist, während der zweite Teilstrahl (T2) über einen zweiten Arm auf das reflektierende Element (RSP) gerichtet ist, dass der optische Gangunterschied zwischen dem ersten und zweiten Arm größer ist als die Kohärenzlänge der Strahlung, dass die von dem ersten Spiegel (SP1) und dem reflektierenden Element (RSP) kommende Strahlung mittels eines weiteren Strahlteilers (ST2) durch eine gemeinsame optische Sonde (OSO) geleitet sind, dass in der optischen Sonde (OSO) ein Referenzspiegel (RSP2) in einer solchen Entfernung von dem Messobjekt (O) angeordnet ist, dass der Gangunterschied zwischen dem ersten Spiegel (SP1) und dem reflektierenden Element (RSP) aufgehoben ist, und dass ein Teil der auf den Referenzspiegel (RSP2) auffallenden Strahlung zu der Photodetektoreinrichtung (BS) reflektiert und ein Teil zu dem Messobjekt (O) durchgelassen und von dort zu der Photodetektoreinrichtung (BS) reflektiert wird.

15

20

6. Messvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzspiegel (RSP2) auf einer Planplatte oder einem Prisma vorgesehen ist.

25

7. Messvorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Strahlteiler (ST1) und dem weiteren Strahlteiler (ST2) eine Faseroptik (LF) angeordnet ist.

30

5

8. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,

10

dass die von der Strahlungserzeugungseinheit (SLD) abgegebene Strahlung in eine Faseroptik eingekoppelt und anschließend von dem Strahlteiler (ST1) in den ersten und zweiten Teilstrahl (T1, T2) aufgeteilt wird, dass der erste Teilstrahl (T1) in einem Objektarm (OA) aus der Faseroptik ausgekoppelt und über einen weiteren Strahlteiler (ST2) in die optische Sonde (OSO) eingekoppelt und zu dem Messobjekt (O) geführt wird, von der die Strahlung über die optische Anordnung (L; L1 - L5; L6) auf die Photodetektoreinrichtung (BS) geführt wird,

15

dass der zweite Teilstrahl (T2) in einem Referenzarm (RA) aus der Faseroptik des Referenzarms (RA) ausgekoppelt wird, die weitere optische Sonde (OSR) durchläuft, über eine weitere Faseroptik zu dem weiteren Strahlteiler (ST2) und von dort auf den Bildwandler (BS) geführt wird zur Überlagerung mit der von dem Messobjekt (O) kommenden Strahlung.

20

20. Sept. 2000 - fle/poe

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Interferometrische Messvorrichtung zur Formvermessung

Zusammenfassung

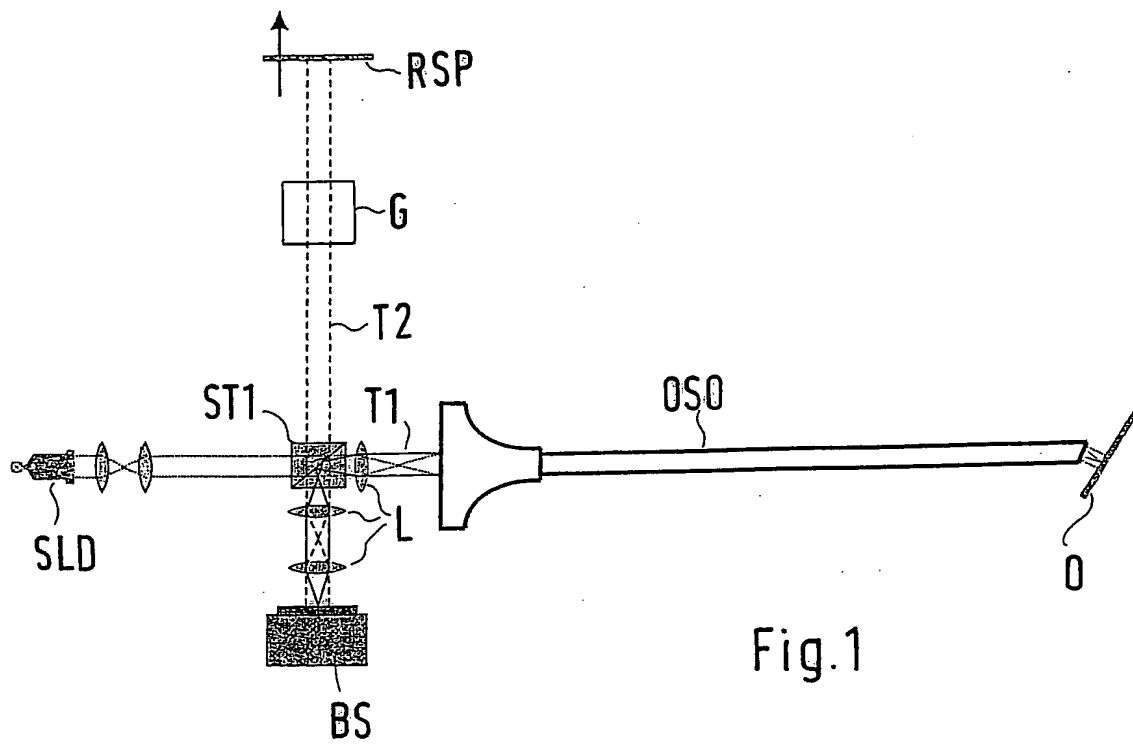
15

20

25

30

Die Erfindung bezieht sich auf eine interferometrische Messvorrichtung zur Formvermessung insbesondere rauher Oberflächen eines Messobjekts (O) mit einer eine kurzkohärente Strahlung abgebenden Strahlungserzeugungseinheit (SLD), einem Strahlteiler (ST1) zum Bilden eines ersten und eines zweiten Teilstrahls (T1, T2), von denen der erste über einen Objektlichtweg zu dem Messobjekt (O) und der zweite über einen Referenzlichtweg zu einer reflektierenden Referenzebene (RSP) gerichtet ist, mit einem Überlagerungselement, an dem die von dem Messobjekt (O) und der Referenzebene (RSP) kommende Strahlung zur Überlagerung gebracht werden, und einem Bildwandler (BS), der die überlagerte Strahlung aufnimmt und entsprechende Signale einer Einrichtung zur Auswertung zuführt, wobei zur Messung die optische Weglänge des Objektlichtweges relativ zur optischen Weglänge des Referenzlichtweges geändert wird. Eine genaue Vermessung von Objektoberflächen in engen Hohlräumen in drei Dimensionen mit hoher Genauigkeit wird dadurch ermöglicht, dass in dem Objektlichtweg eine optische Sonde (OS, OSO) mit einer optischen Anordnung zum Erzeugen mindestens einer optischen Zwischenabbildung vorgesehen ist.



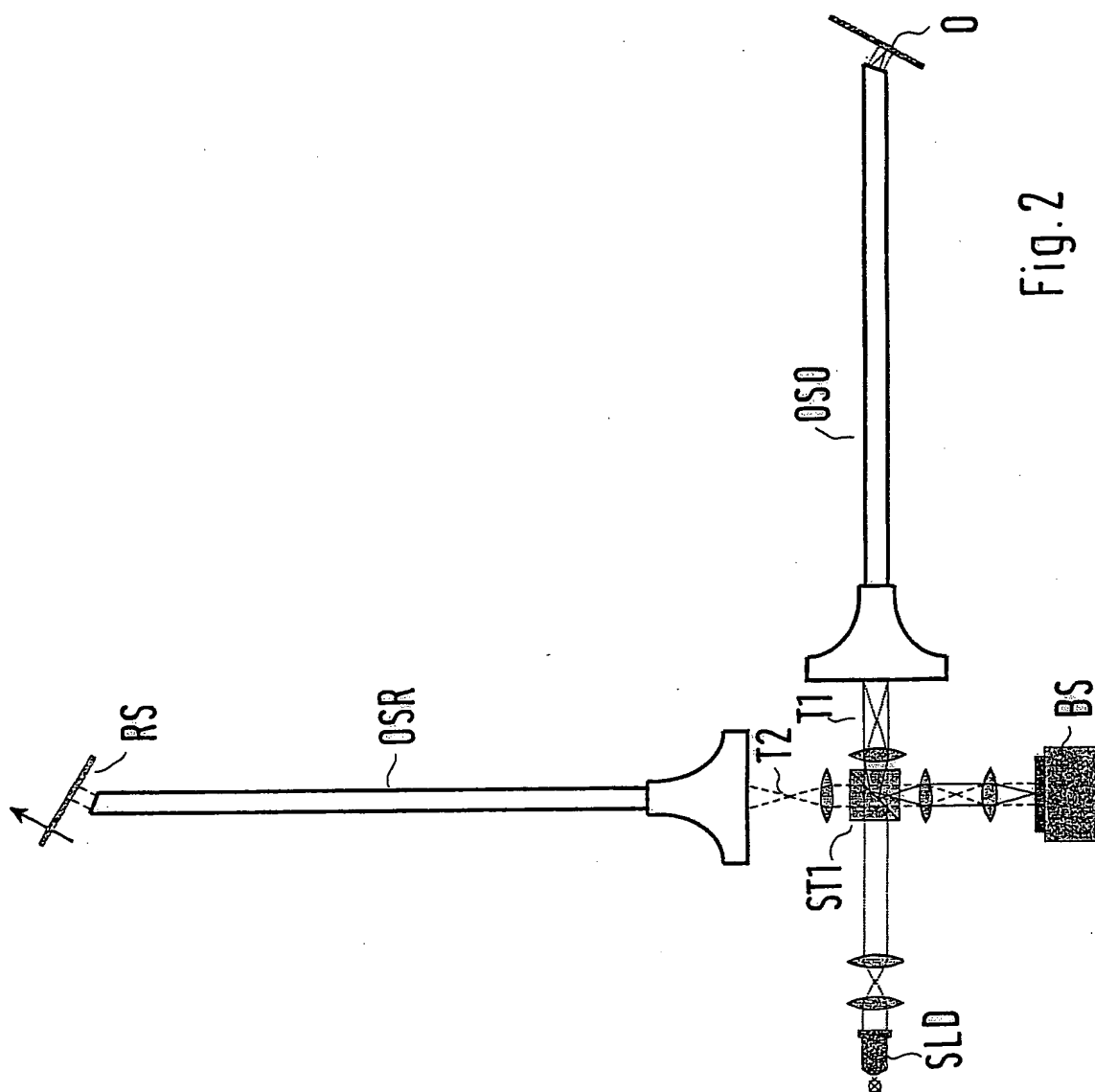


Fig. 2

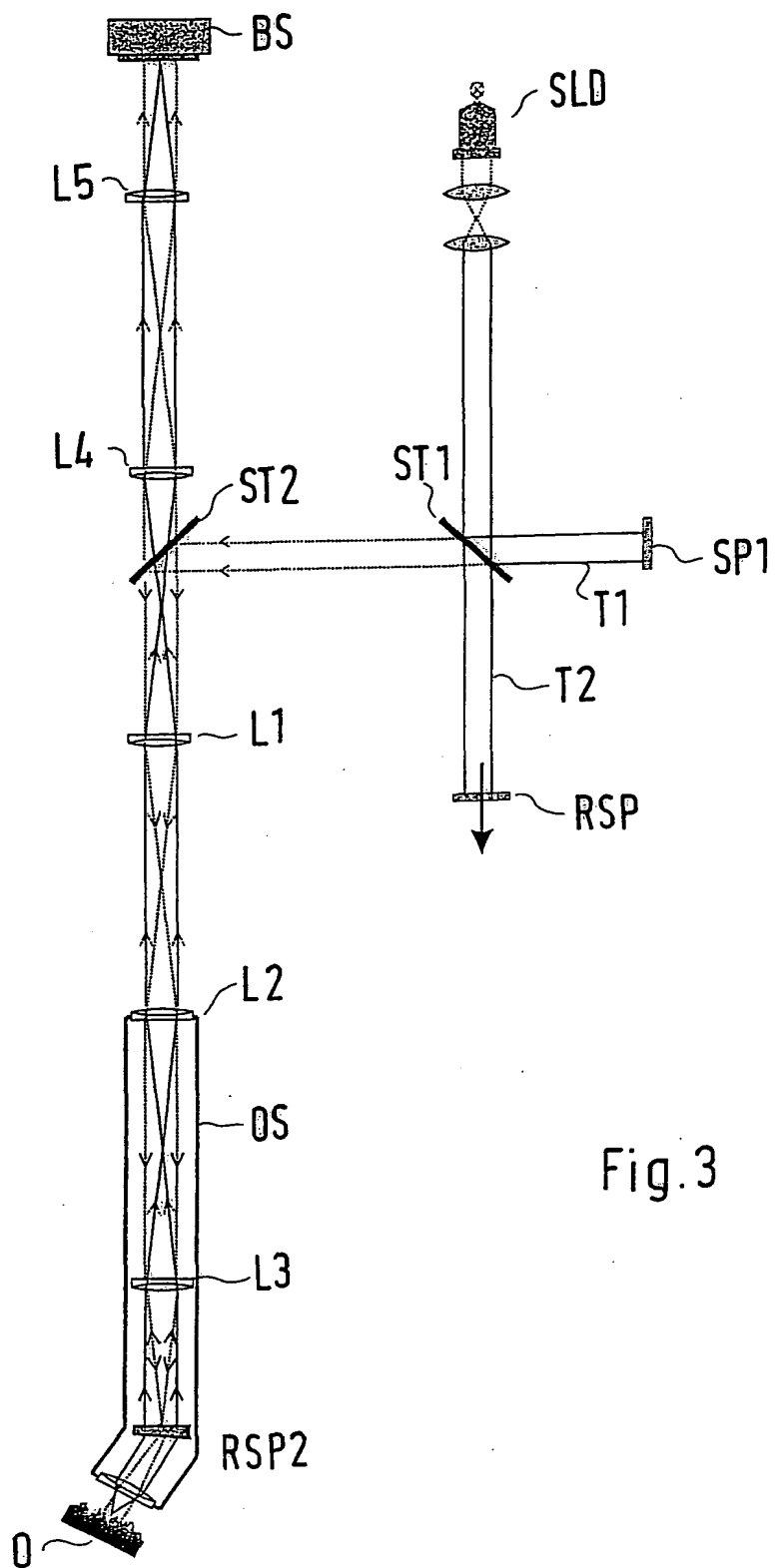


Fig.3

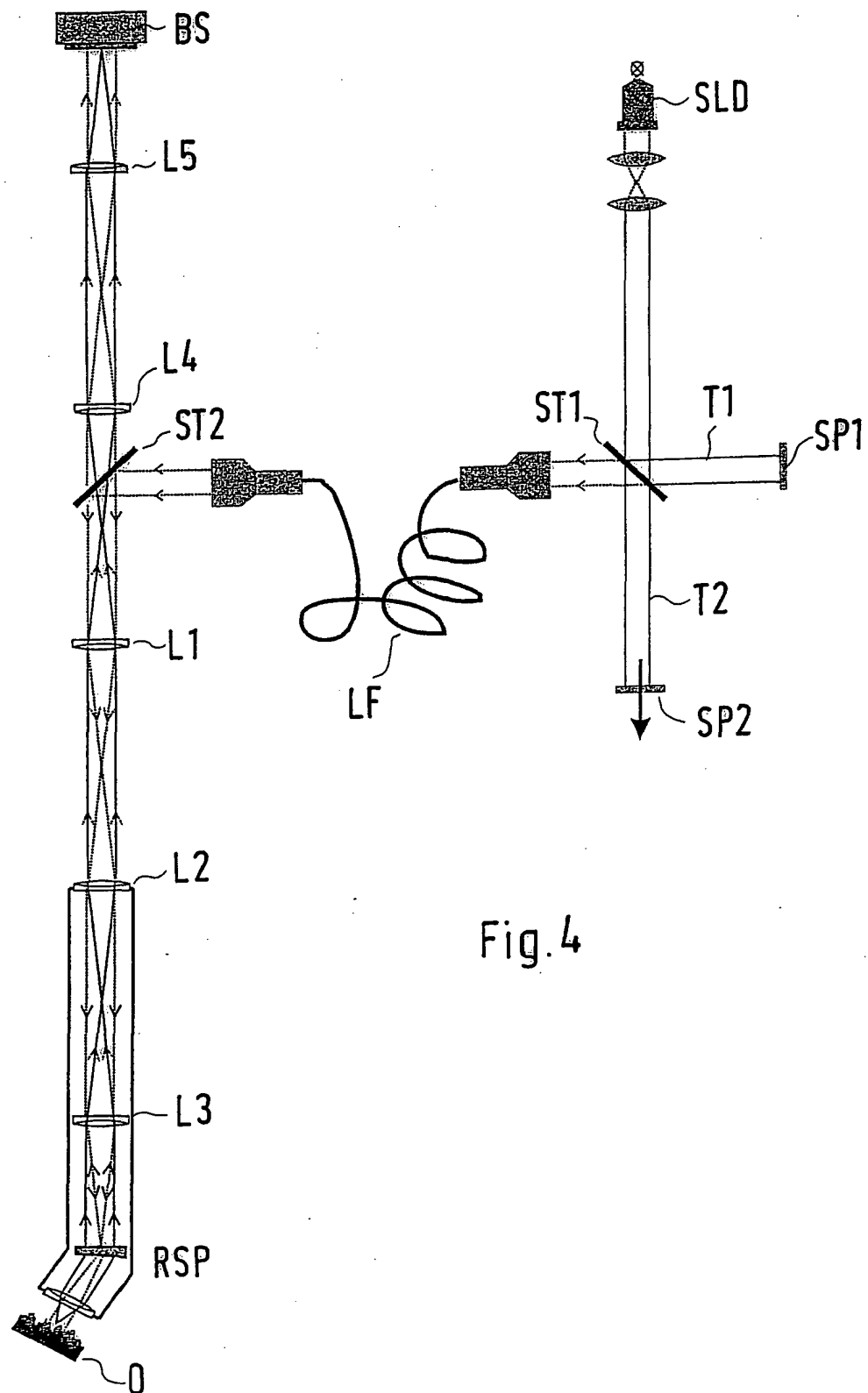


Fig. 4

